Aula 13

REPRODUÇÃO E POLINIZAÇÃO

META

Apresentar os tipos de reprodução e polinização em Angiospermas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
saber o conceito de reprodução e polinização, os tipos de polinização e conhecer um pouco sobre a relação entre os agentes polinizadores e os aspectos das flores polinizadas por eles.

PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá revisar o conteúdo sobre Flor (Aula 10).

(Fonte: http://www.colegiosaofrancisco.com.br).

INTRODUÇÃO

Você sabe quais são os tipos de reprodução do vegetal? A reprodução em plantas pode ocorrer de duas formas: assexuada/agâmica e sexuada/gâmica. No primeiro tipo, as unidades reprodutivas provenientes de partes (porções) do organismo originam diretamente um novo indivíduo. Pode ocorrer o brotamento em caules e folhas, a ocorrência de tubérculos, estolhos, estolões e rizomas, além da segmentação de cladódios articulados em cactos (*Zygocactus*).

Na reprodução sexuada as unidades reprodutivas são sempre unicelulares e o novo indivíduo só é produzido após a união (singamia) de duas unidades: os gametas ou células sexuais que são células destituídas de parede celular, delimitadas apenas pela membrana citoplasmática, tornando a fusão possível. Este tipo de reprodução possibilita a recombinação dos genes originando descendentes que são geneticamente distintos dos progenitores, o que provê importante mecanismos de adaptação. Em relação à reprodução nos grupos vegetais, destacamos o papel do esporo com parede resistente das criptógamas vasculares (pteridófitas) como um agente de dispersão, função que passou a ser exercida pela semente nas fanerógamas. A permanência do megásporo nos megasporângios da planta-mãe foi um passo importante no processo evolutivo das plantas terrestres. A semente é o óvulo fecundado e amadurecido, ou seja, o megasporângio que contém um mesgásporo, o qual não é liberado e fica rodeado por algum tegumento protetor. Nas fanerógamas a fecundação ocorre *in situ* através da transferência do grão de pólen até a micrópila do óvulo. Vamos ver este processo mais detalhadamente? Aprender um pouco sobre o ciclo de vida das Angiospermas?

(Fonte: http://www.loja.jardicentro.pt).

O CICLO DE VIDA DAS ANGIOSPERMAS

Os gametófitos das Angiospermas são muito reduzidos em tamanho, o microgametófito maduro consiste de apenas 3 células. O megagametófito maduro (saco embrionário) que é mantido dentro dos tecidos do esporófito (óvulo), consiste em sete células na maior parte das Angiospermas.
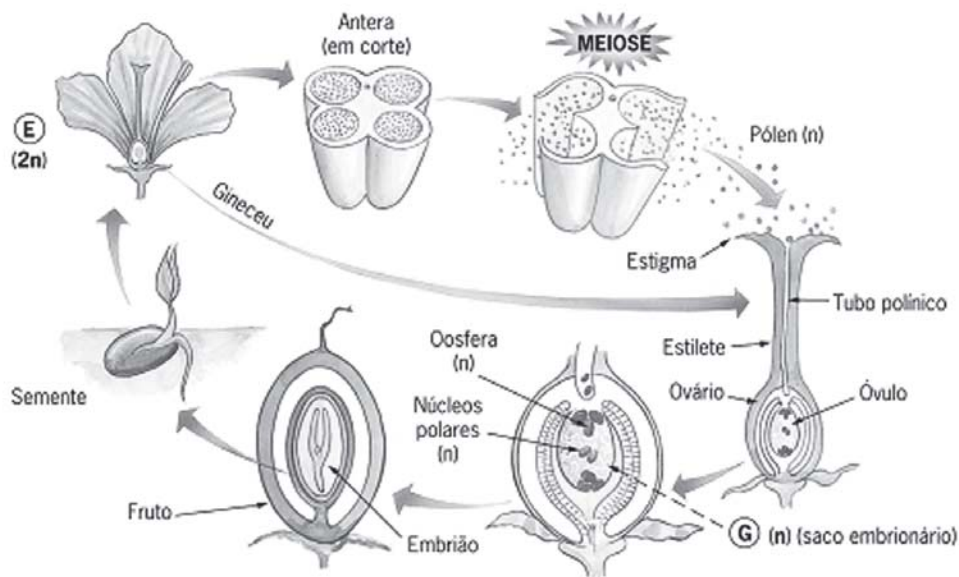
Figura 1 – Desenho esquemático do ciclo reprodutivo das angiospermas.

Os anterídios e os arquegônios não são formados. A polinização é indireta, o pólen é depositado no estigma, germina e origina um tubo polínico, que cresce através ou na superfície dos tecidos do carpelo, para levar as duas células espermáticas incapazes de movimento até o gametófito feminino. Dois processos distintos vão levar a formação do microgametófito: miscrosporogênese e microgametogênese. Da mesma forma, dois processos distintos megasporogênese e megagametogenese levam a formação do megagametófito. Estes procesos serão detalhados a seguir.
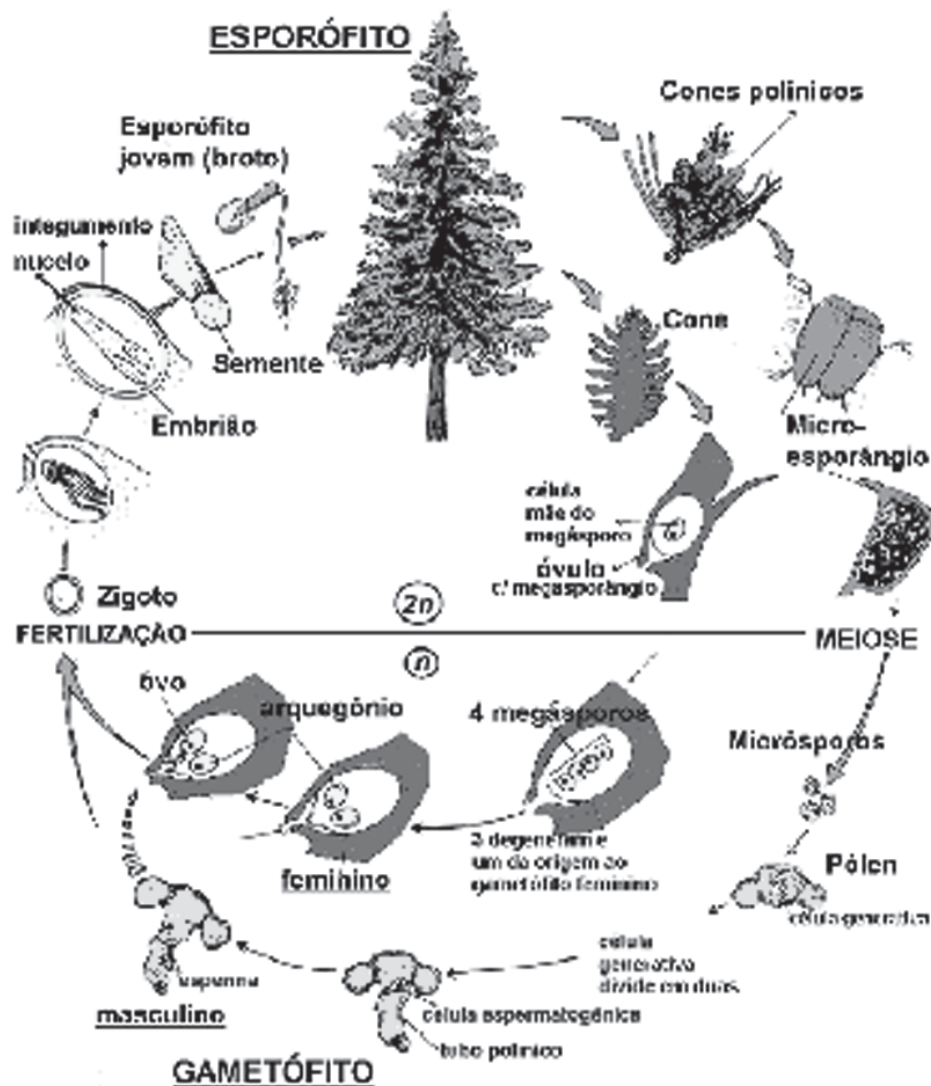
Figura 2 – Esquema do ciclo reprodutivo das Gimnospermas.

Microsporogênese e a microgametogênese

A microsporogênese é a formação dos micrósporos (grãos de pólen unicelulares) dentro do microsporângio, ou sacos polínicos da antera. A microgametogênese é o desenvolvimento do microgametófito dentro do grão de pólen maduro até o estágio de três células.

Megasporogênese e Megagametogênese

Nas Angiospermas, a parte feminina do processo reprodutivo sexual acontece nos óvulos. Cada óvulo possui um feixe vascular que atravessa o funículo e chega até a calaza. Nos óvulos anátropos recorre toda a rafe.

Em raras oportunidades, o feixe vascular se ramifica e inerva parcial ou totalmente os tegumentos, como ocorre nos óvulos de algumas Annonaceae e Euphorbiaceae por exemplo.

Megasporogênese é o processo de formação do megásporo dentro do nucelo (megasporângio) e ocorre dentro do óvulo. Megagametogênese é o desenvolvimento do megásporo para formar o megagametófito (gametófito feminino ou saco embrionário).

Os megásporos resultam da divisão meiótica da célula mãe de megásporos (megasporócitos ou ginosporócitos), que é diplóide. Esta célula distingue-se pelo seu maior tamanho, citoplasma denso e núcleo proeminente. Na grande maioria das Angiospermas, dos quatro megásporos (ginósporos) formados apenas um é funcional. Os demais megásporos da tétrade degeneram.

O nucelo do óvulo é o megasporângio. No nucelo se diferencia uma célula mãe do mesgásporo ou megasporócito. Nos óvulos tenuinucelados a célula está em posição subsuperficial, abaixo da epiderme. Nos óvulos crasinucelados, se diferencia profundamente no nucelo.

Para formar o saco embrionário, o gametófito feminino, o megásporo sofre 3 mitoses sucessivas, se formam 8 núcleos que se distribuem em 7 células.

Dois grupos de 3 células, se localizam cada um em um pólo, rodeados de parede celular. O grupo que se localiza no pólo micropilar constitui o aparelho oosférico: constituído pela oosfera que é o gameta feminino e duas sinérgides laterais.

Estas sinérgides são as células mais chamativas pela sua organização com células de transferência. Apresentam no ápice o aparelho fibrilar (projeções da parede da sinérgide).

O grupo que se localiza no polo calazal do saco embrionário constitui as antípodas que aparentemente participam da nutrição do saco embrionario. Nas gramíneas habitualmente se encontram várias antípodas. Em *Sasa paniculata*, bambú, há umas 300 antípodas em cada saco embrionário. Nos dois núcleos restantes, denominados núcleos polares se localizam a célula central, e frequentemente se fusionan antes da penetração do tubo polínico, constituindo o núcleo secundário 2n.

TIPOS DE SACOS EMBRIONÁRIOS

Há vários tipos de sacos embrionários segundo o número de megásporos que intervem em sua formação, e o número de divisões mitóticas que são produzidas. O tipo mais comum (80% dos casos conhecidos) é o MONOSPÓRICO, que deriva de um macrósporo. É o tipo fundamental, chamado tipo *Polygonum* porque foi descoberto neste gênero.

Uma variante é o saco monospórico tipo *Oenothera*: o macrósporo sofre apenas duas divisões dando 4 células, 3 formam o aparelho oosférico (a oosfera e 2 sinérgides) e a quarta é a célula central, que neste caso é haplóide.
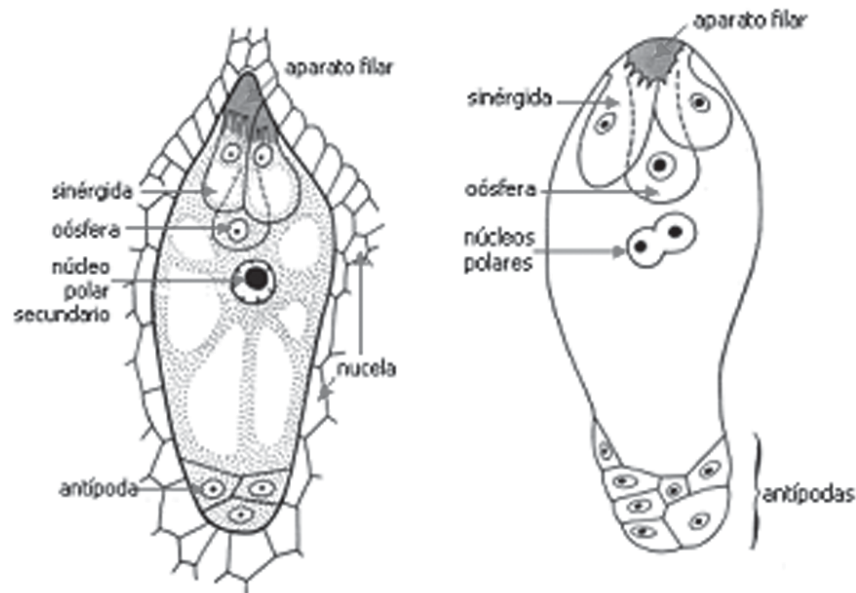
Figura 3 – Saco embrionário tipo *Polygonum* (à esquerda) e *Zea mays* (Poaceae/Graminae), milho (à direita). FONTE: Camefort & Boue, 1969.

SACOS BISPÓRICOS. Intervem 2 macrósporos em sua formação. No tipo *Allium*, cada macrósporo sofre 2 mitoses, e os 8 núcleos resultantes se localizam da mesma foma que em *Polygonum*.

SACOS TETRASPÓRICOS. Participam os 4 megásporos na formação do saco embrionário. No tipo *Adoxa*: cada megásporo se divide uma vez, e os 8 núcleos se acomodam como em *Polygonum*. O saco tetraspórico tipo *Fritillaria*: 3 megásporos se fusionam formamdo um núcleo 3n. As células sofrem duas divisões, se formam 8 núcleos, quatro n, e quatro 3n. As células do aparelho ovular e um núcleo polar são n; as antípodas e um núcleo polar são 3n; o núcleo secundário da célula central é 4n. O gênero *Lilium* apresenta este tipo de saco embrionário.

Figura 4 – Tipos de sacos polínicos (Fonte: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema23/images23/saco_clasificacion.jpg).

POLINIZAÇÃO

A polinização é o transporte dos grãos de pólen desde os sacos polínicos das anteras até a micrópila dos óvulos, em Gimnospermas, ou estigma, nas Angiospermas. A Biologia floral ou ecologia floral é a ciência que se ocupa da investigação dos fenômenos que se produzem na polinização das espermatófitas.

Cleistogamia - A polinização pode produzir-se antes ou depois da antese. No primeiro caso é caracterizado como cleistogamia, quando a polinização se realiza no botão floral.

POLINIZAÇÃO DIRETA - AUTOGAMIA

Quando o transporte de pólen, e por conseguinte a fecundação, ocorre entre flores do mesmo indivíduo, o processo se denomina **autogamia**. Está muito difundida entre as ervas “daninhas”, plantas pioneras que necessitam a frutificação de indivíduos muito distantes entre si. Em espécies autógamas, as flores com freqüência são inconspícuas, com peças florais reduzidas, a quantidade de pólen é menor, e não há fragrância ou néctar.

Esse processo é vantajoso por permitir que uma espécie bem adaptada perpetuar-se em um meio mais ou menos estável. Mas os indivíduos de

espécie autogâmicas devem apresentar menor variabilidade genética e perda da plasticidade evolutiva, ficando mais suscetível a desaparecerem caso hajam distúrbios em seu habitat.

Nas flores monoclinas ou perfeitas, é possível a autofecundação, seja pela ação de diversos dispositivos florais ou pela intervenção de um polinizador. No lírio, *Lilium martagon*, o estilete inicialmente ereto, se move curvando-se para ficar em contato com os estames para autopolinizar-se.

Em *Cichorium intybus,* as flores são protândricas (o que significa que dizer que o androceu amadurece primeiro) e o estilete, ao crescer, se enche de pólen na sua face externa. Se não ocorre polinização cruzada por meio de insetos, os ramos estigmáticos se espessam e se curvam sobre si mesmos, colocando em contato sua superfície receptiva interna com o pólen da própria flor.

Em *Turnera orientalis*, com flores homostilas, quando não há polinização cruzada por meio de insetos, ocorre a autogamia quando a corola murcha, porque as pétalas se juntam e se torcem colocando em contato as anteras e os estigmas. Nas flores eretas, disciformes e côncavas, como as de *Ranunculus*, a água da chuva pode provocar a autopolinização ou, por respingamento, a alogamia.

Quando a polinização ocorre entre flores distintas do mesmo indivíduo, se fala de geitonogamia, situação comum em espécies com floração massiva, como *Tabebuia heptaphylla*, *Peltophorum dubium* e *Ceiba speciosa*. Geneticamente é equivalente a autogamia. Se a planta é monóica, como a de milho, a geitonogamia é obrigatória.

POLINIZAÇÃO CRUZADA - ALOGAMIA

Quando o transporte de pólen ocorre entre flores de indivíduos diferentes, teremos polinização cruzada, e por conseguinte, fecundação cruzada ou alogamia.

Em muitas espécies é obrigatória, e às vezes as flores, inclusive quando hemafroditas, são auto-imcompatíveis, quer dizer que possuem barreiras genéticas e fisiológicas que impedem a germinação do próprio pólen ou o desenvolvimento do tubo polínico (*Malus sylvestris*, maçã). A auto-incompatibilidade pode ser esporofítica ou gametofítica:

Na incompatibilidade esporofítica depende da parede do grão de pólen, que é de origem esporofítica. Para que o grão de pólen possa germinar, deve aderir-se ao estigma, o que ocorre somente quando há compatibilidade entre as proteínas de reconhecimento que se encontram na esporoderme, e os receptores que existem no estigma.

A incompatibilidade gametofítica depende da constituição genética do gametófito masculino. O pólen pode germinar, no entanto, o crescimento do tubo polínico é detido depois de sua penetração no estilete.

As principais vantagens da alogamia são a produção de novas combinações genéticas na população, que asseguram a variabilidade da espécie e conseqüentemente a possibilidade de sobreviverem às mudanças do meio ambiente. Por isso as Angiospermas desenvolveram numerosas adaptações florais para favorecer a alogamia, como por exemplo, a separação espacial e temporal dos sexos e outras variações como a apresentação secundária do pólen.

- DICOGAMIA (separação temporal)

Neste caso, os estames e estigmas de uma mesma flor não alcançam ao mesmo tempo a maturidade para a polinização. Se os estames amadurecem antes, as flores são protándricas, a flor funciona primeiro como flor masculina e logo após como flor feminina. A protandria favorece a alogamia, e é o caso mais freqüente em espécies com dicogamia intrafloral.
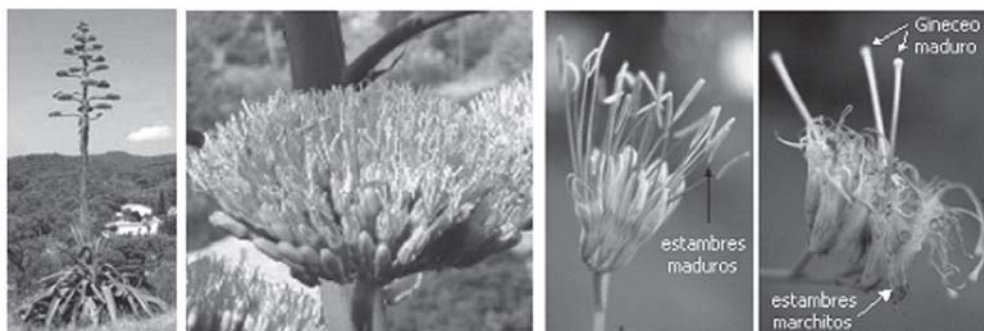
Figura 5 – Potandria em *Agave*. (da esquerda para a direita) Inflorescência, ramo da inflorescência, flores com estames maduros, flores com gineceu maduro e estames murchos.

Quando o gineceu amadurece antes que o androceu, as flores são protóginas. Neste caso, a flor funciona primeiro como flor feminina e logo após como flor masculina. É menos frequente, mas ocorrem em *Magnolia grandiflora*, *Plantago*, espécies de Leguminosae.
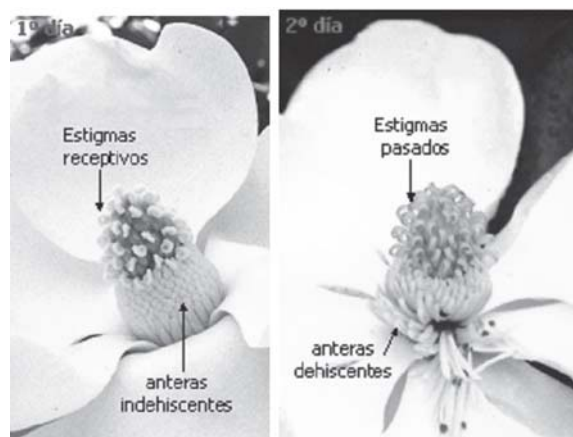
Figura 6 – Flores protóginas de *Magnolia grandiflora*. Flores com estigmas receptivos (esquerda) e com estigmas passados e anteras apresentando deiscência.

A dicogamia pode ocorrer tanto em plantas com flores monoclinas (intrafloral) como em plantas monóicas com flores diclinas (interfloral). Por exemplo, em *Cucurbita maxima* var. *zapallito*, com flores diclinas, primeiro aparecem as flores masculinas e cerca de duas semanas depois, as flores femininas A protoginia intrafloral freqüentemente está associada com auto-imcompatibilidade, assim que este processo pareceria um recurso evolutivo para assegurar a produção de frutos e sementes.

- HERCOGAMIA (separação espacial).

As plantas apresentam flores nas quais as anteras e estigmas estão muito separados uns dos outros. É bastante comum e geralmente reduz a autopolinização intrafloral, assim como na dicogamia.

Em alguns casos muito especializados as flores possuem uma conformação tal que dificulta ou impede a autogamia (*Iris,* Asclepiadaceae e Orchidaceae). As flores de *Ayenia* (Malvaceae) apresentam androginóforo, que eleva o gineceu e o tubo estaminal formado por 5 estames e 5 estaminódios. As pétalas apresentam uma grande unha, e cada uma se apóia sobre o tubo estaminal por cima de um estame. Dessa maneira, o estigma fica por cima das pétalas, e os estames por baixo, impedindo a autopolinização

- DIOICIA

É (mamão, palmeira). Cada espécie apresenta indivíduos com flores masculinas e indivíduos com flores femininas, o que determina a alogamia obrigatória. Muitas plantas dióicas apresentam flores relativamente pequenas, brancas, amareladas ou verdes, de morfologia não especializada, que atraem uma variedade de insetos pequenos, especialmente abelhas das famílias Halictidae, Megachilidae e Meliponini.

Está associada com plantas de grande porte e polinização abiótica. A dioicia é rara em plantas com flores grandes, especializadas, com morfologia complexa.

Apresentação secundária de pólen - É a transferência do pólen das anteras para outra estrutura onde é recolhido pelos polinizadores. É universal nas Compositae e comum nas Leguminosae Papilionoideae.

Uma vez que, ao contrário do que acontece com a maioria dos animais, as plantas não possuem mobilidade, elas desenvolveram diversas estratégias para transportar seus gametas masculinos (pólen) entre as flores (TRAVESET, JACKOBSSON 1999). As plantas aproveitam vetores inanimados, como vento ou água, atraem animais vetores de pólen com recompensas.

Agentes Polinizadores - Os grãos de pólen são inertes, e seu transporte é assegurado por agentes externos, sejam eles abióticos, como a água e o vento, ou bióticos, como animais diversos.

CLASSIFICAÇÃO DA POLINIZAÇÃO SEGUNDO SEUS AGENTES

1. HIDROFILIA: Polinização na água (AGENTE ABIÓTICO).
Vallisneria (Monocotiledônea aquática) apresenta flores flutuantes. As femininas permanecem fixas na planta por um grande pedúnculo floral e as flores masculinas se desprendem, flutuam, e são levadas pela corrente da água ou o vento até as flores femininas.
Algumas Angiospermas hidrófitas como *Potamogeton striatus* e *P. pusillus*, *Najas marina* (Monocotiledôneas) Ceratophyllum demersum (Eudicotiledônea) próprias de lugares alagados, possuem flores masculinas e femininas submersas, neste caso a reprodução também está adaptada e a polinização é hidrófila. Em todos os casos, o pólen é levado pela água até os estigmas, e apesar das plantas não serem parentes, o pólen possui aspecto similar: é filamentoso, flexível e pegajoso.
2. ANEMOFILIA: Polinização através do vento (AGENTE ABIÓTICO)

A polinização através do vento se apresenta na maioria das Gimnospermas. É mais freqüente em Monocotiledôneas (Gramineae, Cyperaceae, Arecaeae) que em Eudicotiledôneas (Salicaceae, Chenopodiaceae, Fagaceae). O transporte do pólen não está orientado, motivo pelo qual se produzem grandes quantidades de pólen, de tamanho pequeno, superfície lisa (para facilitar a dispersão) e seco, quer pela escassa formação de cimento polínico ou por sua rápida dessecação.

Em *Pinus (Gimnosperma)* os grãos de pólen possuem sacos aeríferos para aumentar a flutuação, e chegam diretamente aos óvulos, que apresentam na micrópila gotas receptoras de pólen, mucilaginosas ou açucaradas. Neste momento, as escamas e as brácteas da inflorescência estão bem separadas. Quando a gota de fluido micropilar se evapora, o pólen se funde e fica sobre o nucelo. Depois da polinização as escamas se juntam, protegendo os óvulos entre elas. Pouco depois que o pólen fica em contato com o nucelo, ele germina, emitindo o tubo polínico.

Nas Angiospermas as flores anemófilas carecem de meios de atração (perianto, odor, néctar), são geralmente unissexuadas, as masculinas mais numerosas que as femininas, e estas últimas são geralmente uniovuladas. Os estiletes e estigmas estão aumentados de tamanho para facilitar a captação do pólen, como se pode ver nas flores de Poterium sanguisorba. A liberação do pólen é facilitada pela mobilidade dos filamentos estaminais (*Gramineae*) ou do eixo da inflorescência (*Gimnospermas*, Quercus, Alnus). A floração acontece cedo e as flores aparecem antes que a folhagem, já que esta pode criar um obstáculo para a captação do pólen.

Esse tipo de dispersão parece ter sucesso entre gramíneas e ciperáceas devido ao comportamento de crescimento agregado de seus indivíduos e é ainda freqüente em Gimnospermas, que não se adaptaram de forma completa a polinização independente do meio líquido. Entretanto, a anemofilia possui baixa eficiência. Calcula-se que um pé de milho produz 50 milhões de grãos de pólen. Para fecundar os óvulos de um pé são necessários apenas 1.000 grãos.
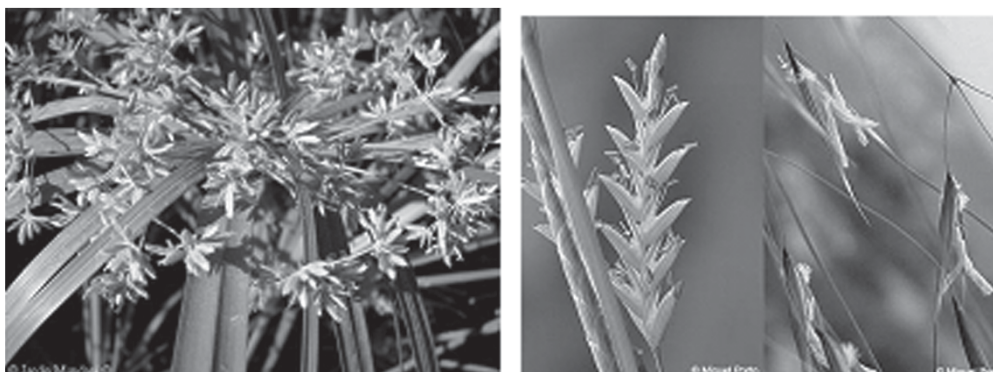
Figura 7 – inflorescência de espécies anemófilas de Cyperaceae e Poaceae.

ZOOFILIA: Polinização por meio de animais (AGENTE BIÓTICO)

Nesse tipo de polinização os animais são responsáveis pelo transporte de pólen para os estigmas. Os agentes polinizadores são variados, os mais comuns são:

- Insetos (entomofilia) podem ser de diversos tipos:

Colépteros (besouros) flores cantarófilas
Moscas (moscas): flores miófilas
Himenópteros (abelhas e vespas): as flores são chamadas de melitófilas
Lepidópteros (mariposas: falenofilia; borboletas: psicofilia)

- Pássaros (Ornitofilia)
- Morcegos (Quiropterofilia).

Os agentes polinizadores buscam alimentos e outras recompensas (atrativos primários), como o pólen (rico em proteínas, ceras e vitaminas), néctar (rico em carboidratos) e óleos. As flores apresentam atrativos para assegurar a visita dos agentes, que podem ser de natureza óptica (cor) ou química (odor), os quais são chamados de atrativos secundários.

Os odores atraem os polinizadores a distâncias maiores que as cores, e são fundamentais para polinizadores noturnos. Entre os polinizadores com o olfato muito desenvolvido destacam-se os insetos e os morcegos. De acordo com a sensibilidade humana, os odores se classificam em agradáveis ou

desagradáveis. Entre os primeiros temos odores aromáticos (canela, baunilha, etc.), doces (mel, rosa, violeta, etc.) a frutas (laranja, banana, etc.). Entre os odores desagradáveis temos os fétidos (odor de carne em decomposição, excrementos). Também existem aqueles que imitam os feromônios, aromas produzidos pelos animais para provocar uma resposta de comportamento reprodutivo em um receptor da mesma espécie.

Raramente todas as espécies de uma família apresentam o mesmo tipo de polinização: as Aristolochiaceae são uniformemente miófilas e as Loranthaceae, Cannaceae e Heliconiaceae são quase exclusivamente ornitófilas. Em geral em cada família ou no mesmo gênero há espécies adaptadas a diferentes polinizadores.

- Flores Entomófilas, polinizadas por insetos

A evolução das Angiospermas e dos insetos ocorreu de forma simultânea (co-evolução), de forma que modificações em certas estruturas reprodutivas das plantas são visivelmente adequadas à polinização por insetos. O pólen das flores entomófilas, por exemplo, apresenta espinhos ou outras adaptações que facilitam a sua adesão aos corpos dos insetos. Em flores polinizadas por:

- Coleópteros: flores cantarófilas. As mais primitivas, são flores poliníferas, quer dizer que oferecem pólen como recompensa. Possuem muitos estames que produzem pólen em excesso. São geralmente flores rotáceas, fácilmente acessíveis, robustas, verdosas ou brancas, com forte odor. São frequentes nas Magnoliaceae, Ranunculaceae, e Nymphaeaceae.

Os coleópteros, com suas fortes mandíbulas mastigadoras, além de comerem as anteras, destroem freqüentemente diversas partes florais. Por esta razão, os óvulos das flores cantarófilas estão localizados em partes profundas.

Figura 8 – Polinização por besouros

- Dípteros (moscas, mosquitos, sirfídeos): flores Miófilas. As flores polinizadas por estes insetos são heterogêneas. Algumas flores são mais ou menos inodoras, apresentam corola pequena e néctar livre. Uma espécie polinizada por moscas é *Cabomba caroliniana*, planta aquática. Cada flor de 2 cm de diâmetro aproximadamente, se abre dois dias consecutivos; as pétalas apresentam na face adaxial dois pequenos nectários; as flores são protóginas, no primeiro dia os 3 pistilos estão separados, e os estames são curtos e indeiscentes. No segundo dia os pistilos se juntam no centro, e estão rodeados pelos estames que se espessaram, de maneira que cada antera fica por cima de um nectário. Quando as moscas visitam as flores no segundo dia da antese, ao beber o néctar sua cabeça entra em contato com a antera e se enche de pólen. Ao visitar as flores em seu primeiro dia de antese, ao buscar o néctar, a cabeça deposita o pólen sobre os estigmas.

Outras flores polinizadas por dípteros possuem odor desagradável, como por exemplo, as flores de Rafflesia arnoldii (Rafflesiaceae), planta do sudeste de Ásia, a maior flor conhecida.
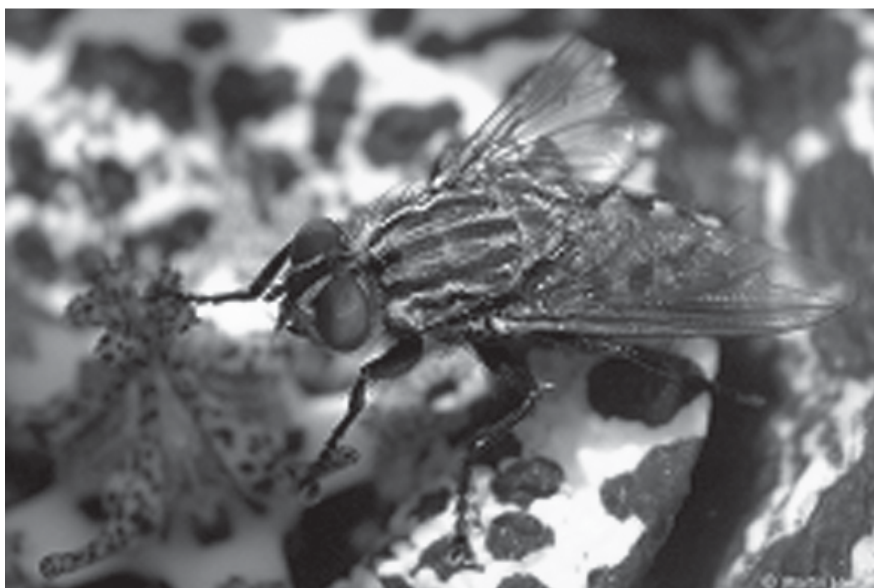
Figura 9 – Polinização por moscas.

- Himenópteros (abelhas e vespas): flores melitófilas. Estes insetos possuem aparato bucal lambedor e buscam néctar acessível, porque possuem órgãos bucais curtos. As flores nectaríferas possuem um custo energético menor para a planta, por que o néctar constitui uma economia de pólen.

As flores melitófilas atraem as abelhas por uma combinação de forma e odor. As corolas destas flores são geralmente labiadas, com superfícies para que a abelha pouse, com guias (manchas) que assinalam onde se encontra o néctar. As flores produzem sustâncias aromáticas nos

osmóforos, que se encontram na corola (*Citrus*), corona (*Narcissus*) ou outros órgãos florais.

As abelhas percebem o amarelo, o azul, o branco; não percebem o vermelho puro. Também são sensíveis à luz ultravioleta, não visível pelos olhos humanos, e por esta razão, muitas flores que são amarelas a nossos olhos, aos olhos das abelhas tem uma coloração diferente denominada "púrpura de abelhas".

Há flores enganosas que imitam a forma, pilosidade e odor das fêmeas de certas vespas ou abelhas. O caso melhor conhecido é o de *Ophrys insectifera*, orquídea do sul da Europa que é visitada unicamente por duas espécies de vespas do gênero *Argogorytes*. Os machos nascem na primavera várias semanas antes que as fêmeas, e em seus primeiros vôos são atraídos pela fragrância das flores de *Ophrys*, similar aos feromônios secretados pelas fêmeas. Além disso, o labelo apresenta forma, textura e odor similar aos das fêmeas. O processo se designa como pseudo-cópula porque as vespas macho tentam copular com a flor, e ao fazê-lo, entram em contato com a antera, transportando as polínias de uma flor para outra em tentativas sucessivas. Casos desse tipo são conhecidos como polinização por engodo. Outro tipo de polinização por engodo dá-se quando as flores possuem partes que imitam pólen em grande quantidade, atraindo os animais tentam alcançar o falso pólen, entrando assim em contato com as verdadeiras estruturas reprodutivas.

Figura 10 – (esquerda-direita) Polinização por abelhas, visão humana da flor de *Arnica angustifolia*, visão hipotética da abelhas.

CONCLUSÃO

A reprodução das plantas, desde as pteridófitas às angiospermas, apresenta uma série de adaptações que permitem a sobrevivência da espécie no ambiente. Entre os tipos de reprodução comuns nas angiospermas podem ser citadas a reprodução assexuada (sem a participação de gametas) e a sexuada (com a participação de gametas). Enquanto a primeira, mais freqüente em monocotiledôneas não parece garantir a variabilidade genética da população, ao contrário da segunda, parece ao menos garantir a continudade da mesma no ambiente. Dentro da reprodução sexuada, diversos tipos de polinização (transporte dos grãos de pólen até às partes femininas) acontecem, desde a autofecundação, que assim como a reprodução assexuada, não garante a variabilidade genética dos indivíduos, até a fecundação cruzada. Vários mecanismos foram desenvolvidos para proporcionar a fecundação cruzada, desde a separação física das estruturas florais reprodutivas (separação espacial/temporal) até a incompatibilidade dos gametas. Como os gametas das plantas não possuem mobilidade própria dependem de vetores diversos que permitam esse transporte entre as flores. Esses agentes polinizadores podem ser bióticos (insetos, aves e mamíferos) ou abióticos (água e vento). Devido à evolução paralela das angiospermas e seus agentes polinizadores (bióticos), as flores apresentam modificações morfológicas que buscam otimizar o processo de polinização.

RESUMO

A microsporogênese é a formação dos micrósporos (grãos de pólen unicelulares) dentro do microsporângio, ou sacos polínicos da antera. A microgametogênese é o desenvolvimento do microgametófito dentro do grão de pólen maduro até o estágio de três células. Megasporogênese é o processo de formação do megásporo dentro do nucelo (megasporângio) e ocorre dentro do óvulo. Megagametogênese é o desenvolvimento do megásporo para formar o megagametófito (gametófito feminino ou saco embrionário). Há vários tipos de sacos embrionários segundo o número de megásporos que intervem em sua formação, e o número de divisões mitóticas que são produzidas. A polinização é o transporte dos grãos de pólen desde os sacos polínicos das anteras até a micrópila dos óvulos, em Gimnospermas, ou estigma, nas Angiospermas. Quando o transporte de pólen, e, por conseguinte a fecundação, ocorre entre flores do mesmo indivíduo, o processo se denomina autogamia. Quando o transporte de

pólen ocorre entre flores de indivíduos diferentes, teremos polinização cruzada e, por conseguinte, fecundação cruzada ou alogamia. Em muitas espécies é obrigatória, e às vezes as flores, inclusive quando hemafroditas, são auto-imcompatíveis, quer dizer que possuem barreiras genéticas e fisiológicas. Na dicogamia os estames e estigmas de uma mesma flor não alcançam ao mesmo tempo a maturidade para a polinização. Na hercogamia As plantas apresentam flores nas quais as anteras e estigmas estão muito separados uns dos outros. E na dioicia os sexos são separados em indivíduos distintos. O transporte de pólen pode ser realizado por agente abióticos (hidrofilia, anemofilia) ou agentes bióticos (entomofilia, zoofilia). Em todos os casos, as flores apresentam modificações para o aumento da eficiência da reprodução.

ATIVIDADES

1) Pesquise mais profundamente e faça um esquema do ciclo reprodutivo das angiospermas.
2) Quais os principais tipos de desenvolvimento do saco polínico? Quais suas diferenças?
3) Que tipos de reprodução são comuns nas plantas com flores (angiospermas)?
4) A evolução paralela das angiospermas e dos seus agentes polinizadores bióticos tranformou certas flores ferramentas reprodutivas muito eficazes. Pesquise na internet sobre o assunto e discuta o caso da reprodução de espécies de orquídeas e de *Ficus*.

REFERÊNCIAS

BERTIN, R. I.; NEWMAN, C. R. 1993. Dichogamy in Angiosperms. **Bot.Rev**. 59: p. 112-120.
VOGEL S. 1990. Radiación adaptativa del sindrome floral en las familias neotropicales. Bol. Acad. Nac. Ci. Córdoba 59: p. 1-30.
MAUSETH, J. D. 1991. **Botany:** An Introduction to Plant Biology. Saunders College Publishing.
MAUSETH, J. 1988. **Plant Anatomy**. Benjamin/Cummings Pub.Co., Menlo Park, CA.
PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The Natural History of Pollination.** Timber Press. Portland, Oregon. p. 479.
RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 2001.**Biologia vegetal.** 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.